

Equipment machining support tracks for magnetic levitation vehicles employs computer- and CAD control of advance, positioning and machining accuracy

Patent Number: DE10051556

Publication date: 2002-05-08

Inventor(s): SAFFIAN KLAUS (DE); SPIEGELBERG VOLKER (DE)

Applicant(s): SAFFIAN KLAUS (DE); SPIEGELBERG VOLKER (DE)

Requested Patent: ☐ DE10051556

Application Number: DE20001051556 20001018

Priority Number(s): DE20001051556 20001018

IPC Classification: E01B25/32; B23P23/00

EC Classification: B23Q1/01A, B23Q1/54B3, B23Q3/18, B23Q17/20, B23Q17/24, E01B25/30B, G05B19/4097

Equivalents:

Abstract

The support (10) in its installed position, centers the machining unit (3) on the neutral axis without axial load or contact, in the machining position. Permissible clearance is controlled through measurement during motion. Reduced pressure or magnetic force docks and locks the unit on the support with a friction grip in the machining position, then the required operation is carried out. A sensor continuously communicates the support contour to a computer, to control advance and positioning of the machining unit and its tools (5,6). This is carried out by comparison between measurement and a CAD (Computer Aided Design) model of the support. The machine is positioned and docked, then the tool feed parameters are entered. Machine weight on the support, is relieved continuously throughout the process, using a mobile portal (1). An Independent claim is included for corresponding equipment.

Data supplied from the esp@cenet database - I2



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 100 51 556 A 1

51 Int. Cl.⁷:
E 01 B 25/32
B 23 P 23/00

21 Aktenzeichen: 100 51 556.8
22 Anmeldetag: 18. 10. 2000
43 Offenlegungstag: 8. 5. 2002

DE 100 51 556 A 1

71 Anmelder:
Spiegelberg, Volker, Dipl.-Ing., 18055 Rostock, DE;
Saffian, Klaus, Dipl.-Ing., 18106 Rostock, DE

74 Vertreter:
Kappner, K., Dipl.-Ing. (FH), Pat.-Anw., 18059
Rostock

72 Erfinder:
gleich Anmelder

56 Entgegenhaltungen:

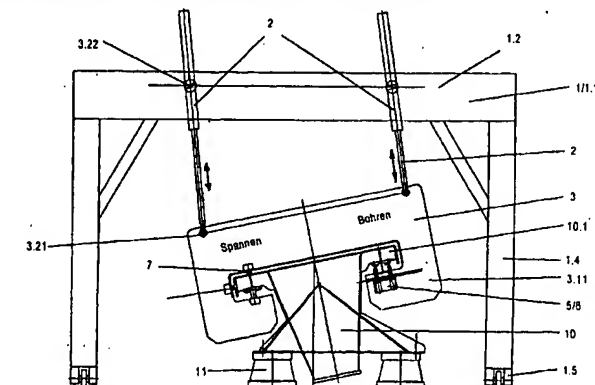
DE	37 05 773 C2
DE	34 04 061 C1
DE	31 39 636 C2
DE	196 22 382 A1
DE	44 28 376 A1
DE	42 28 310 A1
US	43 01 565

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren und Einrichtung für die mechanische Bearbeitung räumlich gekrümmter Tragwerke

57 Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren und eine Einrichtung für die gewichtsfreie, lagegenaue, mechanische Bearbeitung von langen (> 20000 mm) räumlich gekrümmten und geneigten Tragwerken, insbesondere von Fahrwegträgern für Magnetschwebbahn (analog Transrapid), maschinenbauliche Trägerkonstruktionen, nämlich Kranbahnträger und Brückentragwerke. Zum lagegenauen Einbringen von Befestigungsmittel in Anschlußkörper von Fahrwegträger für spurgebundene Transportsysteme, wie Magnetschwebbahnen (Transrapid), wurde mit DE 4428376 A1 eine reitende Bearbeitungseinrichtung vorgeschlagen, die für räumlich gekrümmte Träger nur bedingt geeignet ist. Vorgeschlagen wird ein Verfahren zur Bearbeitung von Fahrwegträgern, Brücken- und Kranträgern mit gerader und/oder sphärisch veränderter Raumstruktur in der Längs- und Querachse, das sich dadurch auszeichnet, daß der Träger 10 in seiner Normallage aufgelagert und nachfolgend eine Bearbeitungseinrichtung 3 berührungsfrei über den Träger 10 in die Bearbeitungspositionen eingefahren, kraftschlüssig am Träger 10 angedockt und in dieser Position verriegelt und bearbeitet wird. Verfahrensgemäß wird hierbei die Massenkraft der Bearbeitungseinrichtung 3 von einem Portal 1 fortlaufend aufgenommen und die Führung und Positionierung der Bearbeitungseinrichtung 3 ausgeführt sowie die Vorgaben für die Zustellung und den Vorschub für die Bearbeitungswerkzeuge 5/6 bestimmt. Dazu werden am Träger 10 vorgegebene Meßpunkten 9 von wenigstens ...



DE 100 51 556 A 1

Beschreibung

[0001] Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren und eine Einrichtung für die gewichtsfreie, lagegenaue, mechanische Bearbeitung von langen (> 20000 mm) räumlich gekrümmten und geneigten Tragwerken, insbesondere von Fahrwegträgern für Magnetschwebbahnen (analog Transrapid), maschinenbauliche Trägerkonstruktionen, nämlich Kranbahnträger und Brückentragwerke.

[0002] Zur Bearbeitung derartiger überproportionale Träger kommen nach wie vor Werkzeugmaschinen (WZM) als Portal- oder auch als Bohrwerksvarianten zum Einsatz. Solche Varianten sind in DE 34 04 061 C1 und DE 196 22 382 A1 beschrieben.

[0003] Die technisch Bedingungen für diese WZM sind jedoch ungünstige und nicht effektiv. Neben erheblichen Fundamentaufwendungen ergeben sich bei dieser Art von WZM Probleme, wie

- Überbrückung großer Abstände bei stark gebogenen Trägern mittels großer Auskraglängen für die Bearbeitungsmittel,
- zusätzliche Einführung einer Linearachse und einer rotatorischen Achse zur Kräftekompensation bei beidseitiger Bearbeitung entsprechend der Achsschrägung und/oder Achsschränkung gegenüber der Bearbeitungssachsen,
- bei der Bearbeitung angeregte Schwingungen, die das Bearbeitungsergebnis verschlechtern - Kompensation der Bearbeitungskräfte durch zusätzliche Gegenlager erforderlich.

[0004] Diese Art der Trägerbearbeitung erfordert große maschinenbauliche Genauigkeiten, welche abzuschirmen ist.

[0005] Bekannt ist auch die Bearbeitung übergroßer Träger mittels Reiterlösungen.

[0006] Gegenüber stationären WZM stellen sie eine technisch bessere Variante dar, weil einige Probleme konstruktiv bedingt nicht auftreten. Insbesondere entfallen aufwendige Fundamente. Der wesentliche Nachteil der Reitervariante liegt im Gewichtseinfluß der Vorrichtung auf das Werkstück, also dem Träger. Neben der eigenen Trägerverformung treten durch den Gewichtseinfluß der Bearbeitungseinheit zusätzliche Verformungen des Trägers auf, die zu kompensieren sind. Die Korrektur muß entweder durch aufwendige Abstützung oder bei maßlichen Abweichungen durch Vorrausberechnung und Nacharbeiten ausgeglichen werden. Diese technologischen Abläufe sind schlecht beherrschbar und sehr Zeitintensiv.

[0007] Besonders die größeren Toleranzen bei stahlbaulichen Trägerkonstruktionen können Qualitätsprobleme auslösen, da die maschinenbaulichen Toleranzanforderungen der Trägersoberfläche wesentlich genauer sind. Eine Kompensation dieser Tolleranzdifferenzen ergibt sich nicht automatisch aus einer reitenden Lagerung der Bearbeitungseinrichtung, sonder erfordert eine sorgfältige Positionierung der Bearbeitungseinrichtung. Diese Positionierung wiederholt sich bei jeder neu einzustellenden Bearbeitungsposition. Das Einrichten der Bearbeitungseinrichtung ist sehr Zeitintensiv und erfordert großes fachliches Geschick und ist damit für einen rationellen Fertigungsablauf nicht effektiv.

[0008] Zum lagegenauen Einbringen von Befestigungsmittel in Anschlußkörper von Fahrwegträger für spurgebundene Transportsysteme, insbesondere Magnetschwebbahnen (Transrapid) wurde mit DE 44 28 376 A1 eine reitende Bearbeitungseinrichtung vorgeschlagen, die weiterhin mit den vorgenannten Problemen behaftet ist.

[0009] Ferner ist festzustellen, daß die Abstützung der Bearbeitungseinrichtung bei räumlich gekrümmten Trägerelementen nicht oder nur mit erheblichen Einstellaufwand realisierbar ist. Insbesondere sind die teleskopierbaren Stützen in ihrer Aufhängung an der Quertraverse nicht schwenkbar und gegenüber der Quersachse nicht verlagersfähig. Positionsverschiebungen sind daher nur im Rahmen der Freiheitsgrade der Bearbeitungsköpfe möglich. Auch ist ein genaues Positionieren der Bearbeitungseinrichtung nur im gestützten Zustand auf dem Träger erreichbar. Korrekturen erfordert stets ein erneutes Absetzen und Verfahren der Bearbeitungseinrichtung. Wie dargestellt, muß bei jeder erneuten Positionierung die Durchbiegung auf Grund der Eigenmasse des Trägers und der Bearbeitungseinrichtung berücksichtigt werden. Verformungen der Tragkonstruktion werden hier durch zusätzliche Abstützungen des Untergrundes ausgeglichen. Da damit das Trägersystem statisch unbestimmt ist, müssen kontinuierlich die auftretenden Toleranzabweichungen zwischen Träger und Fertigungsfläche über das Meßsystem in Referenzbezug gebracht werden. Bei dem unsicheren Rollenkontakt der Bearbeitungseinrichtung auf dem Träger und der sich in Abhängigkeit der Bearbeitungsposition verändernden Gewichtseinflüsse ist so eine genaue Lagepositionierung der Bearbeitungsköpfe ohne mehrfaches Messen der Abweichungen in der Bearbeitungsfläche nicht erreichbar. Neben diesen hohen Einstellaufwand können Nacharbeit nicht ausgeschlossen werden.

[0010] Zusätzlich sind bei diesem Lösungsvorschlag auf-fahrbare Parkpositionen vorgesehen, die in ihrem Neigungs- und Krümmungsanschluß variabel einstellbar sein müssen. Diese zusätzlichen Parkstationen sind konstruktiv und technologisch sehr aufwendig.

[0011] Die Erfindung verfolgt das Ziel ein Verfahren und Einrichtung für eine gewichtsfreie, lagegenaue, rationelle mechanische Bearbeitung von langen (> 20000 mm) räumlich gekrümmten und geneigten Tragwerken, insbesondere von Fahrwegträgern wie für Magnetschwebbahnen (analog Transrapid), maschinenbauliche Trägerkonstruktionen, nämlich Kranbahnträger und Brückentragwerke zu schaffen. Dabei sind folgende Merkmale zu berücksichtigen:

- Realisierung einer kostenoptimalen mechanischen Bearbeitung von langen 3D verformten Trägern,
- Bearbeitung mit Werkzeugmaschinenengauigkeit und -geschwindigkeit,
- minimaler Kräfteeintrag in den Träger zur Vermeidung von Trägerverformungen,
- minimaler Gewichtseinfluß auf den Träger, wobei der Kraftfluß aus den Bearbeitungskräften weitestgehend im System geschlossen werden muß,
- Ausgrenzung von Schwingungen die durch eingebrachte Bearbeitungskräfte ausgelöst werden,
- quasimobile Einrichtung ohne große Fundamentaufwendungen mit definierten Schnittstellen für Montage und Demontage.

[0012] Die im folgenden beschriebene Funktionslösung beinhaltet eine Bearbeitungsverfahren und Einrichtung zur maschinellen, kontinuierlichen Bearbeitung von geraden und insbesondere räumlich gekrümmten und geneigter Trägersysteme, wobei die Bearbeitungseinrichtung ohne den Kräfteintrag der Eigenmasse der Einrichtung beim Überfahren des Trägers und in der vorgesehenen Bearbeitungsposition fixiert wird.

[0013] Die Ansprüche 1 bis 9 umfassen die vorgeschlagenen verfahrensgemäßen Merkmale und die Ansprüche 10 bis 16 die vorgeschlagenen Merkmale der Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

[0014] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Bearbeitung von Trägersystemen und zur Einbringung von Bauelementen bei räumlichen Tragwerken, wie Fahrwegträgern, vorzugsweise für Magnetschwebbahnen (analog Transrapid), Brücken- und Kranträgern, mit sphärisch veränderter Raumstruktur in der Längs- und Querachse besteht darin, daß der Träger statisch bestimmt in seiner Auflagerung frei und feststehend abgestützt wird und daß über den Träger eine längsverfahrbare, räumlich frei positionierbare Bearbeitungseinrichtung berührungsfrei geführt und Abschnittsweise in den technologisch vorgesehenen Bearbeitungsbereichen am Träger spannungsfrei jedoch kraftschlüssig angedockt und druckfrei verspannt und die Massenkraft der Bearbeitungseinrichtung über ein fahrbares Portal aufgenommen wird. Die Positionierung und Steuerung der Bearbeitungseinrichtung erfolgt in Zusammenwirken mit einem äußeren stationären Meßsystem in kommunizierender Weise zu am Träger vorgegebenen Meßpunkten auf der Grundlage eines ständigen Soll-Ist-Vergleiches mit dem CAD-Modell des zu bearbeitenden Trägers. Entsprechend der so ermittelten Vorgabewerte erfolgt die technologisch Bearbeitung, wobei der Vorschub und die Zustellung der Bearbeitungswerkzeuge innerhalb der Bearbeitungseinrichtung erfolgt.

[0015] Das Verfahren ist weiterhin dadurch spezifiziert, daß die räumliche berührungsfreie Lage der Bearbeitungseinrichtung gegenüber dem Träger kontinuierlich durch Sensoren in Kombination mit den fortlaufend am Träger abgegriffenen Meßsysteminformationen rechnergestützten erfaßt und mittels aktiver längsveränderliche, hexapotartig am Portal angeordneter Stellglieder angesteuert wird.

[0016] Die Steuerung und Führung der Bearbeitungseinrichtung in die vorbestimmten Bearbeitungsposition und -lage sowie die Steuerung der an der Bearbeitungseinrichtung angedockten Bearbeitungswerkzeuge erfolgt gleichermaßen diskret von außen durch einen und fortschreitenden Abgriff der räumlichen Lageposition des Trägers und der Standort- und Lageposition der Bearbeitungseinrichtung. Der diskrete Abgriff der Meßinformationen erfolgt berührungsfrei über beidseitig zum Träger stationierte Meßeinrichtungen in Anwendung optoelektronischer 3-D Koordinatenmeßverfahren.

[0017] Verfahrensgemäß erfolgt die Fixierung der erreichten Lageposition der Bearbeitungseinrichtung zum Träger in zwei Schritten. Zuerst werden die an der Bearbeitungseinrichtung angeordneten sensorgesteuerte Spannmittel bis zum Kontakt mit dem Träger angenähert. Um ein Verschieben der Position der Bearbeitungseinrichtung zu verhindern, erfolgt das Anfahren mit minimalen Kräften. Nach erreichtem Flächenkontakt der Spannmittel mit dem Träger wird durch Unterdruck bei Vakuumspannern oder Magnetspannung bei Verwendung von Elektromagneten eine kraftschlüssige Kopplung zwischen dem Spannmittel und der Oberfläche des Trägers bewirkt. Nach diesem Schritt werden die Spannmittel verriegelt (verspannt), in dem die einzelnen doppeltwirkenden Hydraulikzylinder der Spanneinrichtungen gegeneinander und synchron mit der jeweils gegenüberliegenden Spanneinrichtung mit Druck beaufschlagt werden. Der Arbeitsdruck zum Verriegeln ist in jedem Fall größer als die jeweils aufzunehmenden Bearbeitungskräfte. Nach erfolgter Fixierung werden die technologisch vorgegebenen Arbeitsfolgen ausgeführt.

[0018] Mit Abschluß der technologisch vorgesehenen Arbeitsoperationen wird die kraftschlüssige Fixierung der Spanneinrichtung gelöst. Die Bearbeitungseinheit wird dann in die nächste Bearbeitungsposition berührungsfrei über den Träger verfahren und in der neu eingefahrenen Position wie beschrieben kraftschlüssig gesichert. Im Anschluß werden wiederum die weitere technologisch vorgesehenen Ar-

beitsoperationen ausgeführt. Dieser Prozeß wiederholt sich bis sämtlichen Bearbeitungspositionen abgearbeitet sind. Danach wird die komplette Bearbeitungseinrichtung vom Träger heruntergefahren. Eine weitere Spezifizierung des Verfahrens besteht darin, daß in Abhängigkeit der technologischen Arbeitsfolge ohne Standortveränderung des Trägers verschiedene Bearbeitungseinrichtungen und Bearbeitungswerkzeuge zum Einsatz kommen, die in Abhängigkeit der diskret erfaßten Meßwerte in gleicher Weise, wie beschrieben, gesteuert und geführt werden.

[0019] Für die mechanische Bearbeitung sind im wesentlichen Bohr- und Fräswerkzeuge sowie Schleif- und Putzwerkzeuge vorgesehen (genannt BES'TRA). Für die nachfolgende Konservierung ist der Einsatz einer Bearbeitungseinrichtungen mit entsprechenden Entfettungseinrichtungen und Farbspritzaggregaten (genannt PAIN'TRA) vorgesehen. Die im Fortgang der Trägerbearbeitung vorgesehene Ausrüstung des Trägers erfolgt unter Einsatz modifizierter Montageeinrichtungen mit Zuführeinrichtungen, Manipulatoren mit Robotergreifwerkzeugen als auch entsprechender Handhabungstechnik (genannt ASS'TRA), entweder separat stationiert oder mit einer weiteren Bearbeitungseinheit als Geräteträger gekoppelt sind.

[0020] Die Austauschbarkeit der Bearbeitungseinheiten innerhalb des Gesamtkonzeptes der Einrichtung ist hierbei integraler Bestandteil des gesamten Verfahrens und kann nach Bedarf variiert und erweitert werden.

[0021] Die Einrichtung zur Ausführung des vorgeschlagenen Verfahrens besteht in einer frei geführten Bearbeitungseinheit als Träger der Bearbeitungswerkzeuge, die den Träger von oben zangenförmig umfaßt und über die Oberfläche des Trägers berührungsfrei geführt wird und in den vorgesehenen Bearbeitungspositionen durch Kraftschluß mit dem Träger verbunden wird und mittels der fertigungstechnisch bedingten Bearbeitungswerkzeuge nachfolgend die technologisch vorgegebenen Arbeitsoperationen ausführt.

[0022] Damit ergibt sich der entscheidende Vorteil, daß der Einfluß einer Verformungen durch das Gewicht der Bearbeitungseinheit eliminiert wird.

[0023] Vorschlagsgemäß besteht die Einrichtung aus einer fahrbaren Portalkonstruktion mit integrierter Bearbeitungseinheit. Sie umfaßt eine offenes rahmenartiges Brückenportal in welches die Bearbeitungseinrichtung mittels einer hexapotartigen Stabkinematik in 6-Achsen räumlich verstellbar eingehangen ist. Als Stabstellglieder der Stabkinematik finden hydraulische Hubzylinder oder mechanische Kugel-Gewindetriebe, vorzugsweise hydrostatisch abgestützte Kugel-Gewindetriebe Verwendung.

[0024] Die Bearbeitungseinrichtung besteht aus einem verwindungssteifen nach unten offenen zangenförmig gestalteten Grundrahmen mit vertikal und horizontal auf den Träger gerichteten Spanneinrichtungen und der technologisch erforderlichen Bearbeitungssupporte. Für die Bearbeitungssupporte ist jeweils eine Zustell- und eine Vorschubachse vorgesehen. Die Kräfte der Spanneinrichtung und die Bearbeitungskräfte der Bearbeitungssupporte sind paarweise aufeinander gerichtet wobei in der Bearbeitungsphase die Bearbeitungskräfte sicher von der Spanneinrichtung aufgenommen werden.

[0025] Die Bearbeitungseinrichtung umfaßt den Träger berührungsfrei. Ihre kinematische Führung und statische Abstützung erfolgt, wie vorgenannt, mittels der hexapotartig angeordneten parallelkinematisch und längenverstellbaren aktiven Stabstellglieder, die am Querträger des Brückenportals gelenkig angeschlagen sind. Die Anschlußpunkte der Stabstellglieder am Querträger können als Festpunkte oder auch in der Querachse als verstellbar Lager ausgestaltet sein. Entsprechend der hexapotartigen Befestigung ist der

Abstand der Befestigungspunkte am Brückenportal gegenüber der zentralen Vertikalachse Z größer als an den Befestigungspunkten an der Bearbeitungseinrichtung. Damit ist sichergestellt, daß mit diesem hexapodartigen parallelkinematischen Positionier- und Haltesystem in Kopplung mit dem parallel zur X-Achse verfahren Portal eine exakte 6-achsige Führung der Bearbeitungseinrichtung und 6-achsige Positionierung erfolgen kann.

[0026] Das Brückenportal wird beidseitig von Werkstück (Träger) von Portalstützen mit Fahrwerk getragen. Das Fahrwerk kann schienengebunden als auch nicht schienengebunden ausgeführt sein. Im zweiten Fall ist eine Lenkung integriert, die zur achsparallelen Führung gegenüber dem Träger an die Steuerung und Führung der Bearbeitungseinrichtung angekoppelt ist. Der Fahrtrieb des Portals zur groben Positionierung der Bearbeitungseinrichtung in der Längsachse (X-Achse) des Trägers erfolgt auf beiden Fahrwerkseiten synchron. Die Energieversorgung für die Einrichtung erfolgt vorzugsweise analog wie bei Portalkränen über Schleppkabel.

[0027] Zur Steuerung des parallelkinematischen Positionier- und Haltesystems sind vorzugsweise an der Bearbeitungseinrichtung Sensoren angebracht, die im Wirkkontakt mit den zu bearbeitenden Träger stehen. Auf der Grundlage eines Soll-Ist-Vergleich erfolgt kontinuierlich der Abgriff der Positionierungsinformation zum berührungslosen Überfahren des Trägers durch die Bearbeitungseinrichtung. Die von den Sensoren ermittelten Positionierungsinformation werden über eine rechnergestützte Auswerteeinheit erfaßt und als Steuerbefehle an das Positionier- und Haltesystems (Stabkinematik) zur Ausführung übermittelt.

[0028] Das Andocken der Bearbeitungseinrichtung am Träger in den einzelnen Bearbeitungspositionen erfolgt mittels integrierter Spanneinrichtungen.

[0029] Jede Spanneinrichtung umfaßt einen doppeltwirkenden Hydraulikzylinder an dessen freiem Kolbenstange eine ein plastischer Saugteller angebracht ist. Das Andocken der Saugteller am Träger erfolgt nach Flächenkontakt durch Unterdruck. Durch diesen Kraftschluß wird die Bearbeitungseinrichtung mit dem Träger verspannt (festgehalten) und in dieser die Stellung über die Hydraulikzylinder verriegelt. Dazu werden die Kolben der aktivierten doppeltwirkenden Hydraulikzylinder beidseitig synchron mit dem gleichen Druck beaufschlagt. Der Spanndruck wird über die gesamte Bearbeitungsphase aufrecht erhalten. Er ist größer wie die maximal erzeugte Schnittkraft (Zerspanungskräfte).

[0030] An Stelle von Unterdrucksaugelementen können mit gleicher funktioneller Aufgabe auch Elektromagnete als Spannelemente zum Einsatz kommen, die zur Abdämpfung der Anzugsmomente in ihrer Aufnahme zusätzlich federelastisch abgestützt werden.

[0031] Das zur Anwendung kommende Spannsystem gewährleistet ein sicheres lagefixiertes Spannen des Trägers und der Bearbeitungseinrichtung ohne das Verspannungen auftreten, die zu Deformationen der Trägerkontur oder Lageverschiebungen am Träger führen.

[0032] Entsprechend den technologischen Arbeitsschritten ist die Bearbeitungseinrichtung für die jeweilige Bearbeitungsebene und Bearbeitungsstationen mit NC-Supporte ausgerüstet, die jeweils auf einem Y/Z-Schlitten montierte sind.

[0033] Zum Fräsen sind Einzelschlitten mit Winkelpopf oder Revolver-Werkzeugaufnahmen sowie Mehrspindeleinheiten vorgesehen.

[0034] Für Bohrarbeiten werden in einzelnen steuerbare Supporte als auch Mehrspindelköpfe zur Aufnahme von Bohrwerkzeugen eingesetzt. Ihre Anordnung erfolgt analog der Anordnung der NC-Supporte.

[0035] Die Steuerung zur positionsgenauen Zustellung und zur Vorgabe des Vorschubes der vorgenannten Bearbeitungsmittel erfolgt vorzugsweise mit einer CNC-Steuerung. Für diese Funktion ist außerhalb der Bearbeitungseinrichtung ein unabhängiges 3-D Koordinatenmeßsystem stationiert, mit dem auf der Grundlage eines ständigen Soll-Ist-Vergleiches zwischen dem Träger und den Bearbeitungswerkzeugen die Zustellung und der Vorschub gesteuert wird.

[0036] Die Bestimmung der Lageposition der Bearbeitungseinrichtung und die positionsgenaue Zustellung einschließlich des Vorschubes der Bearbeitungswerkzeuge erfolgt, wie schon genannt, mittels eines optoelektronischen 3-D Koordinatenmeßsystems. Dazu werden die Differenzen zwischen einer Nullmarke (Meßpunkt) und weiterer am Träger ausgewählter diverser Meßpunkte erfaßt und in einem Soll-Ist-Vergleich mit einem CAD-Modell des jeweiligen Trägers die Vorgabewerte zur CNC-Steuerung der Einrichtung ermittelt. Die so rechentechnisch ermittelten Meßwerte werden zugleich in ein Meßprotokoll zu den Bearbeitungsstellen übertragen.

[0037] Als 3-D Koordinatenmeßsystems können auf den speziellen Anwendungsfall abgestimmt nachfolgende Meßsysteme zum Einsatz kommen, nämlich ein Tachymeter-/Theodolitsystem, Digitalkamerasystem oder Lasertracker-system.

[0038] Mit den vorgesehenen Meßsystemen ist grundsätzlich das Messen relevanter Einzelpunkte mit der erforderlichen Genauigkeiten möglich. Alle Meßwerte sind rechnerisch protokollierbar. Automatische Korrekturvarianten und Vorschausimulation sind durch Übertragung der CAM-Daten in das betreffende CAD-Modell und Darstellung der Abweichungen durch Subtraktion realisierbar. Insbesondere ist damit eine Referenzierung der Bauteile zur Bearbeitungseinrichtung ausführbar. Damit ist es möglich die Schnittstellen zwischen den jeweiligen Bearbeitungspositionen in den einzelnen Portalstellungen paß- und lagegerecht in engen Toleranzen auszuführen.

[0039] Durch das automatische Erfassen der Bearbeitungsstellen und die Geschwindigkeit der Messung ist eine Korrekturwertbetrachtung und Einflußnahme für die nächste Positionierung möglich. Auch eine Bewertung der Langweiligkeit über mehrere Träger hinaus ist realisierbar.

[0040] Für die Steuerung der Bearbeitungsmittel (Supporte) sind CNC-Steuerungen vorgesehen, welche zum Bearbeiten und genauem Positionieren mit Kontroll-Sensoren und dem externen Meßsystem verbunden sind, das wiederum an ein CAD-System mit der Vorgabekontur gekoppelt ist und über Rechenzyklen zur Steuerung der Bearbeitungsvorgaben verfügt. Zusätzlich kann von einer zentralen Bedienstation aus, mittels Vidiokamera, die Überwachung des Bearbeitungsfortschritt vorgenommen werden.

[0041] Nachfolgen soll das Verfahren und die dazu vorgeschlagene Einrichtung an Hand eines Ausführungsbeispieles, vorzugsweise am Beispiel eines Fahrwerkträgers für eine Magnetschwebbahn (Transrapid) nochmals verdeutlicht werden. Es zeigen in teilweise röntgenartiger und vereinfachter Darstellung

[0042] Fig. 1: ein Portal mit Bearbeitungseinrichtung und Träger in perspektivischer Ansicht,

[0043] Fig. 2: die Bearbeitungseinrichtung mit Portal in der Vorderansicht,

[0044] Fig. 3: die Seitenansicht des Portals mit Bearbeitungseinrichtung,

[0045] Fig. 4: einen Abschnitt der Bearbeitungseinrichtung mit Bohr und Fräsupport.

[0046] In der perspektivischen Darstellung der Gesamteinrichtung zur Bearbeitung von Tragwerken zeigt Fig. 1 ein

nen gekrümmten und seitwärts geneigten Träger 10, der auf den Trägerstützen 11 freitragend abgesetzt ist. Am hinteren Trägerende ist über dem Träger 10 das achsparallel verfahrbare Portal 1 mit der Bearbeitungseinheit 3 eingefahren. Die Bearbeitungseinheit 3, die den Träger 10 entsprechend seinem Trägerprofil zangenförmig umfaßt, wird von aktiven Stabstellgliedern 2, vorzugsweise hydrostatisch gestützte Kugel-Gewindetriebe, innerhalb des Portal 1 kardanisch vom Brückenportal 1.1 gehalten und geführt.

[0047] Zur Ausführung einer allseitigen räumlichen Positionierung der Bearbeitungseinrichtung 3 ist die Kinematik der Stabstellglieder 2 als 6-achsige Parallelkinematik ausgelegt. Dazu sind, wie in den Ansichten nach Fig. 2 und 4 an der Bearbeitungseinrichtung 3 im gleichmäßigen Abstand zu ihrer Vertikalachse Befestigungslaschen 3.21 angeordnet an denen jeweils zwei Stabstellglieder 2 in hexapotartiger Anordnung angeschlagen sind. Dementsprechend sind die Stabstellglieder 2 am Brückenportal 1.1 um neunzig Grad versetzt, jedoch mit einem größeren Radius zur Vertikalachse ebenfalls Befestigungslaschen bzw. kardanische Befestigungsgelenke 3.22 angeschlagen. Über diese Kopplung erfolgt gleichzeitig die Gewichtsaufnahme der Bearbeitungseinheit 3 vom Brückenträger 1.1. Im einzelnen zeigt Fig. 4 eine mögliche Form einer hexapotförmigen (hexagonal) Anordnung der Stabstellglieder 2.

[0048] Durch die unterschiedlich großen Koppelkreise der Befestigungslaschen 3.2 gegenüber der Vertikalachse des Portales 1 sind in Zusammenwirken mit den aktiven längenverstellbaren Stabstellgliedern 2 die Voraussetzung gegeben, daß die Bearbeitungseinrichtung 3 frei im Raum in den Linearachsen X-, Y- und Z und den Drehachsen A, B und C verstellt werden kann. Damit ist sichergestellt, daß die Bearbeitungseinrichtung 3 unabhängig von der räumlichen Profilage des Trägers 10 alle Freiheitsgrade zur Einnahme der erforderlichen Bearbeitungsposition besitzt.

[0049] Beidseitig vom Träger 10 befinden sich stationäre Meßeinrichtungen 8 (in Fig. 1 nur eine dargestellt), über die das Einlesen der am Träger 10 vorgegebenen Meßpunkt 9 erfolgt. An Hand dieses Meßsystem erfolgt die Positionierung der Bearbeitungseinrichtung 3 gegenüber dem Träger 10 in den vorbestimmten Bearbeitungsstationen und nach ihrer Fixierung die Zustellung und Eingabe des Vorschubes für die Bearbeitungswerkzeuge, wie Bohrspindelsupport 5, Fräsupport 6 oder einer Schleifeinrichtung, wie in Fig. 3 für eine Trägerseite dargestellt.

[0050] Das Einfahren der Bearbeitungseinrichtung 3 zur vorgegebenen Bearbeitungsposition auf dem Träger 10 erfolgt berührungsfrei. Dazu ist die Bearbeitungseinrichtung 3, wie in Fig. 3 ausgeführt, gegenüber den Trägerflächen quer und längs der X-Achse mit Sensoren 7 ausgestattet. Entsprechend dem mittels der Sensoren 7 ermittelten Abstandssignalen wird die Bearbeitungseinrichtung 3 durch die aktiven Stabstellglieder 2 zur Trägerlängsachse X zentriert und gegenüber dem Träger 10 ein konstanter Freiraum (Spiel) eingestellt. Dieser Freiraum wird für den gesamten technologische Bearbeitungsablauf aufrecht erhalten.

[0051] Fig. 2 zeigt in einer Vorderansicht eine Arbeitsposition der Bearbeitungseinrichtung 3 gegenüber dem Träger 10. Die in Arbeitsposition berührungsfrei eingefahrene und von den Stabstellgliedern 2 geführte und getragene Bearbeitungseinheit 3 wird in dieser Position durch die Spanneinrichtungen 4 kraftschlüssig eingespannt. Dazu werden, wie in Fig. 3 im einzelnen gezeigt, die an der Kolbenstange 4.2 befestigten Saugteller 4.3 der doppelwirkenden Hydraulikzylinder 4.1 mit der Oberfläche des Trägers 10 in Saugkontakt gebracht und durch Unterdruck festgelegt. Nach erfolgten Kraftschluß werden dann die Kolben der Hydraulikzylinder 4.1 beidseitig mit Drucköl beaufschlagt und damit die

Saugteller 4.3 in der eingestellte Position verriegelt. Nach Verriegelung der Spanneinrichtung 4 ist die Bearbeitungseinheit 3 zur Durchführung der vorgegebenen technologischen Arbeitsschritte betriebsfähig. Zugleich ist sie mit dem Träger 10 lastfrei verblockt. Ihr Eigengewicht wird voll und ganz von den Stabstellgliedern 2 und damit vom Portal 1 aufgenommen. Aus der Masse der Bearbeitungseinrichtung 3 resultierende Verformungskräfte werden durch diese Abstützung vom Träger 10 vollständig fern gehalten. Mögliche Zentrierungstoleranzen werden auf der Grundlage des Soll-Ist Vergleiches zwischen Träger 10 und Bearbeitungseinheit 3 vom autonomen Meßsystem erfaßt und über das Meßprotokoll für die Zustellung und Vorschub der Bearbeitungswerkzeuge eingefügt.

[0052] Die einzelnen Spanneinrichtungen 4 sind gegenüber dem Träger 10 so angeordnet, daß die Bearbeitungskräfte der Bohr- und/oder Fräseinheit 5 und 6 oder einer Schleifeinheit vollständig aufgenommen werden. Dementsprechend ist auch der Hydraulikdruck zum Verriegeln der doppelwirkenden Hydraulikzylinder 4.1 größer als die maximal erzeugten Schnittkräfte (Zerspanungskraft).

[0053] An Stelle der vorbeschriebenen Saugteller 4.4 ist auch die Verwendung von Elektromagnetspannern möglich. Um eine elastischen Fixierung zu gewährleisten werden diese Magnetspanner in ihrer Wirkrichtung elastisch abgedämpft.

[0054] Fig. 4 zeigt die in Arbeitsposition eingefahrene Bearbeitungseinrichtung 3 mit Portal 1 in einer Seitenansicht. Erkennbar ist die hexapotartige Befestigung der aktiven Stabstellglieder 2 in den Befestigungslaschen 3.2 der Bearbeitungseinrichtung 3 und dem Brückenportal 1.1. Damit wird ein Verkanten der Bearbeitungseinrichtung 3 ausgeschlossen und ihre parallele Führung zum Träger 10 in der X-, Y- und Z-Achse gewährleistet.

[0055] Das Fahrwerk 1.5 am Portals 1 kann schienenlos – in diesem Fall lenkbar – auf einer relativ ebenen festen Fläche oder auch auf Bahn- oder in U-Profileschienen verfahren werden.

[0056] Durch die sensorgesteuerte Abstützung der Bearbeitungseinrichtung 3 und dem 3-D Meßverfahren werden die gegenüber dem Portal 1 bestehenden Lagedifferenzen vollständig kompensiert und damit die Qualität der auszuführenden Arbeiten gewährleistet.

[0057] Eine mögliche Anordnung eines Bohr-, Fräsupportes 5/6 für die jeweilige Bearbeitungstationen zeigt der halbseitige Ausschnitt der Bearbeitungseinheit 3 in Fig. 3. Der Grundrahmen 3.1 der Bearbeitungseinheit 3 umfaßt mit seinem Rahmenunterzug 3.1.1 den Krakarm 10.1 des Trägers 10. Durch die Sensoren 7 erfolgt dabei ein ständiger Abgleich des konstanten Abstandes der Grundrahmens 3.1 vom Träger 10 und die laufende Vorgabe und Kontrolle der Zentrierung gegenüber der X-Achse des Trägers 10.

[0058] Am Rahmenunterzug 3.1.1 ist auf der Außenseite eine Spanneinrichtung 4 angeordnet. Vom Hydraulikzylinder 4.1 wird die Kolbenstange 4.2 mit Saugteller 4.4 mit der Oberfläche des Trägers 10 in Kontakt gebracht. Nach erfolgter Kontaktaufnahme wird der Saugteller 4.4 mit Unterdruck in der erreichten Position festgelegt und durch beidseitige Beaufschlagung des Hydraulikkolbens 4.3 mit dem gleichen Druck verriegelt (verspannt), damit ist die Bearbeitungseinrichtung 3 kraftschlüssig mit dem Träger 10 verblockt und Bearbeitung des Trägers 10 kann erfolgen. Im vorliegenden Fall tritt der mehrspindlige Bohrsupport 5 in Aktion und verböhrt den Kragarm 10.1 von unten.

[0059] Nachfolgend soll nochmals der technologische Gesamt Ablauf des Verfahrens in Stichpunkten genannt werden: In der Ausgangsposition steht die Bearbeitungseinrichtung 3 vor dem in seinen Auflagepunkten freitragend aufgespann-

ten und in Normallage ausgerichteten Träger 10. Es folgen:

- Einlesen der Meßpunkte 9 am Träger 10 durch die stationären Meßeinrichtung 8,
- räumliche Vorpositionierung der Bearbeitungseinrichtung 3 gegenüber dem Träger 10,
- berührungsfreies Verfahren des Portals 1 mit der Bearbeitungseinrichtung 3 über den Träger 10 bis zur technologisch vorbestimmten Bearbeitungsposition und grob positionieren,
- Lagekontrolle durch die Meßeinrichtung 8 und Lagekorrektur der Bearbeitungseinrichtung 3 durch berührungsfreie Feinpositionierung,
- Andocken und synchrones kraftschlüssiges Verspannen (verriegeln) der Bearbeitungseinrichtung 3 mit dem Träger 10 ohne Lageveränderung mittels der Vakuum-Spanneinrichtungen 4,
- synchrone Bearbeitung (Fräsen/Bohren oder Schleifen) beider Trägerseiten gemäß der technologischen Arbeitsschrittfolge,
- nach Zurücksetzen der Bearbeitungswerkzeuge 5/6 lösen der kraftschlüssigen Verspannung zwischen der Bearbeitungseinheit 3 und dem Träger 10,
- Anfahren der nächsten Bearbeitungsposition,
- Bearbeitungskontrolle,
- Korrekturberechnung,
- Protokoll,
- nivelliertes Zustellen und Andocken der Bearbeitungseinrichtung 3 entsprechend der Korrekturrechnung und Bearbeitung der nächsten Bearbeitungsposition,
- nach Abschluß aller Arbeitsgänge zurücksetzen des Portals 1 neben den Trägeranfang und Entnahme des fertigen Trägers 10 oder Ausführung der Konservierung und Ausrüstung.

[0060] Die Bearbeitung kann entsprechend ihrer Lage mit verschiedenen Bearbeitungssupporten (z. B. Frässupport 6) von außen nach innen, gegeneinander und mit Bearbeitungssupporten (z. B. Bohrsupport 5) gegen die Einspannung (Wiederlager) der Spanneinrichtung 4 erfolgen.

[0061] In einer Positionierung erfolgt die Bearbeitung einer Bearbeitungsstelle auf beiden Seiten des Trägers 10. Daraus resultieren Vorteile in der Bearbeitungsgeschwindigkeit.

[0062] Bei räumlich nicht gegenüberliegenden Bearbeitungspositionen, die auch von den Fahrwegen innerhalb des Bearbeitungsrahmens nicht erreicht werden können, erfolgt eine erneute Positionierung der Bearbeitungseinrichtung 3 in der vorgenannten Weise.

[0063] Nach dem Lösen der Einspannung wird die nächste Bearbeitungsposition eingefahren. Mit geringen ortsgebundenen Aufwendungen ist ein mehrmaliger Einsatz auch an verschiedenen Orten möglich. Dazu werden in der Konstruktion Trennstellen definiert.

Bezugszeichen

- 1 Portal
- 1.1 Brückenportal
- 1.2 Querträger
- 1.3 Längsträger
- 1.4 Portalstütze
- 1.5 Fahrwerk
- 2 Stabstellglied
- 3 Bearbeitungseinheit
- 3.1 Grundrahmen
- 3.1.1 Rahmenunterzug

3.2 (3.21, 3.22) Befestigungslasche(-Gelenk)

4 Spanneinrichtung

4.1 Hydraulikzylinder

4.2 Kolbenstange

4.3 Kolben

4.4 Saugteller (Vakuumsaugteller)

5 Bohrsupport

6 Frässupport

7 Sensor

8 Meßeinrichtung

9 Meßpunkt

10 Träger

10.1 Krakarm

11 Trägerstütze

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bearbeitung von Trägersystemen, nämlich räumlichen Fahrwegträgern, Brücken- und Kranträgern, mit gerader und/oder sphärisch veränderter Raumstruktur in der Längs- und Querachse mittels einer zur Trägerlängsachse verfahrenbaren Bearbeitungseinheit, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Träger (10) in seiner Einbaulage aufgelagert und die Bearbeitungseinrichtung (3) zentriert zur Nullachse des Trägers (10) achsial last- und berührungsfrei über den Träger (10) in eine Bearbeitungspositionen eingefahren wird, wobei der zulässige Freiraum zwischen der Bearbeitungseinrichtung (3) und dem Träger (10) laufend erfaßt und angesteuert wird und daß in der Bearbeitungspositionen die Bearbeitungseinrichtung (3) mittels Unterdruck oder Magnetspannung am Träger (10) kraftschlüssig andockt und verriegelt wird und daß nachfolgend die technologisch vorgesehenen Arbeitsschritte am Träger (10) ausgeführt werden, und daß für die Abstützung und Positionierung der Bearbeitungseinrichtung (3) sowie für die Zustellung und Steuerung des Vorschubes der Bearbeitungswerkzeuge (5/6) fortlaufend die Ist-Kontur des Trägers (10) in kommunizierender Weise von einer Meßeinrichtung (8) diskret abgegriffen wird und in einer Recheneinheit kontinuierlich ein Soll-Ist-Vergleich mit einem CAD-Trägermodell erfolgt und daß unter Berücksichtigung der ermittelten Nachbarschaftsbeziehungen der Bearbeitungspositionen die ermittelten Vorgabewerte einerseits die Positionierung der Bearbeitungseinrichtung (3) erfolgt und nach der Andockung der Bearbeitungseinrichtung (3) die Zustellwerte und der Vorschub für die Bearbeitungswerkzeuge (5/6) eingegeben werden wobei die Massenkraft der Bearbeitungseinrichtung (3) fortlaufend über den gesamten Bearbeitungsprozeß von einem verfahrenbaren Portal (1) aufgenommen wird.

2. Verfahren zur Bearbeitung von Trägersystemen nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß mit wenigstens einer Meßeinrichtung (8) die Messung der Ist-Kontur des Trägers (10) und mit dem gleichen Meßverfahren die Maschinensteuerung und die Referenzierung der Bauteile zur Bearbeitungseinrichtung im Maßsystem erfolgt.

3. Verfahren zur Bearbeitung von Trägersystemen nach Anspruch 1 und 2, insbesondere zur Lagebestimmung und Steuerung der Bearbeitungseinrichtung gegenüber dem Träger, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Lageposition der Bearbeitungseinrichtung (3) gegenüber dem Träger (10) kontinuierlich mittels Sensoren (7) erfaßt und in Kombination mit Meßinformationen aus der separaten Trägermessung die berührungslose Führung der Bearbeitungseinrichtung (3) gegenüber

dem Träger (10) ausgesteuert wird.

4. Verfahren zur Bearbeitung von Trägersystemen nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Ansteuerung und Führung der Bearbeitungseinrichtung (3) in die einzelnen Bearbeitungspositionen und -lagen sowie der Bearbeitungswerkzeuge (5/6) von außen, durch Abgriff der räumlichen Lageposition des Trägers (10) und räumlichen Standortposition der Bearbeitungseinrichtung (3) mittels eines optoelektronischen 3-D Koordinatenmeßverfahren erfolgt.

5. Verfahren zur Bearbeitung von Trägersystemen nach Anspruch 1, 2 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß die und die Zustellung der Bearbeitungseinrichtung (3) gemeinsam mit dem Portal (1) vorgenommen wird.

6. Verfahren zur Bearbeitung von Trägersystemen nach Anspruch 1, 2 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Führung der Bearbeitungseinrichtung (3) mittels längsveränderlicher hexapotartig angeordneter, parallelkinematisch aktiver Stabstellglieder (2) erfolgt.

7. Verfahren zur Bearbeitung von Trägersystemen nach Anspruch 1, 2 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß die jeweiligen Sollpositionen aller Bearbeitungspositionen am Träger (10) in die aufgenommene Ist-Kontur in der Weise eingepaßt werden so daß die Übergangsbedingungen von Vorgänger zum Nachfolger der einzelnen Bearbeitungspositionen in ihren Toleranzen ausnivelliert werden.

8. Verfahren zur Bearbeitung von Trägersystemen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Fixierung der Lage der Bearbeitungseinrichtung (3) gegenüber dem Träger (10) nach sensorgesteuerte Annäherung der Spanneinrichtung (4) durch Unterdruck oder Magnetspannung an der Trägeroberfläche im Kraftschluß erfolgt und daß im Anschluß die doppelwirkenden Hydraulikzylinder (4.1) der Spanneinrichtung (4) beidseitig synchron durch Druckbeaufschlagung verriegelt werden wobei der Druck der Spanneinrichtung als auch der Unterdruck der Spannmittel (4.4) oder die Magnetspannung größer ist als die auftretenden Bearbeitungskräfte.

9. Verfahren zur Bearbeitung von Trägersystemen nach Anspruch 1, 2 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß Ablaufzyklen zur rechentechnischen Kommunikation zwischen CAD-Vorgabedaten der Sollkonturen mit den aufgenommenen Meßdaten des Trägers (10) als Ist-Kontur und den Positionsdaten des Bearbeitungsrahmens deren Kombinationslogik zur Auswertung der Nachbarschaftsbeziehungen und in deren Ergebnis den entsprechenden Steuerungsablauf für die Positionierung oder für die Spannung oder für die verschiedenen Bearbeitungssupporte in der entsprechenden CNC-Steuerung ausführen.

10. Einrichtung zur Bearbeitung von Trägersystemen, nämlich von Fahrwegträgern, Brücken- und Kranträgern, mit gerader, aber insbesondere mit sphärisch in der Längs- und Querachse veränderter Raumstruktur mittels einer zur Trägerlängsachse verfahrbaren Bearbeitungseinheit gemäß dem Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine bügelartige, den Träger (10) berührungsfrei zangenförmig umfassende Bearbeitungseinrichtung (3) vorgesehen ist, die mittels längsveränderlicher hexapotartig angeordneten, parallelkinematischer aktiver Stabstellglieder (2) räumlich verlagerungsfähig in einem verfahrbaren Portal (1) eingehangen ist und daß zur berührungsfreien Führung der Bearbeitungseinrichtung (3) über dem Träger (10) an der Bearbeitungseinrichtung (3) Sensoren (7) ange-

bracht sind und daß zur Positionierung der Bearbeitungseinrichtung (3) über dem Träger (4) und zur Steuerung der Bearbeitungswerkzeuge (5/6) wenigstens eine separat stationierte 3D-Meßeinrichtung (8) vorhanden ist, die mit dem Träger (10) und der Bearbeitungseinrichtung (3) mit einem elektronisch gestützten Rechenwerk verbunden ist, und daß zur Lage-sicherung der Bearbeitungseinrichtung (3) gegenüber dem Träger (10) hydraulisch verneigbare Spanneinrichtungen (4) mit Unterdruck oder Magnetspannung erzeugende Spannmittel (4.4) vorhanden sind, deren Wirkungsrichtung den Schnittkräften der Bearbeitungswerkzeugen (5/6) entgegengesetzt sind.

11. Einrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Stabstellglieder (2) zwischen Portal (1) und Bearbeitungseinheit (3) hexapotartig angeordnet und in 6 Achsen positionierbar sind und daß sie unabhängig vom Standort des Portals (1) und Position der Bearbeitungseinrichtung (3) gegenüber dem Träger (10) so weit längenverstellbar und schwenkbar sind, daß sie in den Linearachsen X, Y und Z und den Drehachsen A, B und C den Freiheitsgrad aus der Profilform des Trägers (10) überdecken.

12. Einrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Bearbeitungseinrichtung (3) zur Lagefixierung gegenüber dem Träger (10) in vertikaler und horizontaler Lage Spanneinrichtungen (4) trägt, die einen doppelwirkenden Hydraulikzylinder (4.1) und daß als Spannmittel mit Unterdruck beaufschlagte Vakuum-Saugteller (4.4) oder elastisch gelagerte Magnetspanner umfaßt.

13. Einrichtung nach Anspruch 10 und 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Bearbeitungseinrichtung (3) beidseitig zum Träger (10) Werkzeugsupporte, nämlich Fräsensupporte (6) von außen nach innen, gegeneinander und/oder Bohrsupporte (5) von oben und/oder von unten gegeneinander oder gegen die Spanneinrichtung (4) wirkend angeordnet und/oder Mehrspindelsköpfe oder auch auf XY-Schlitten montierte Einzelsupporte, die mit einer CNC-Steuerung wirkverbunden sind, trägt.

14. Einrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Bearbeitungswerkzeugen (5/6) zur Zustellung und Vorschubsteuerung mit der Meßeinrichtung (8) kommunizierende Sensoren (7.1) tragen.

15. Einrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß in der Meßeinrichtung (8) als 3D-Meßmittel Tachymeter-, Theodolitsysteme, Digitalkamerasysteme oder Lasertrackersysteme vorgesehen sind.

16. Einrichtung nach Anspruch 10 und 11, dadurch gekennzeichnet, daß als Stabstellglieder (2) der Stabkinematik hydraulische Hubzylinder oder mechanisch Kugel-Gewindetriebe, vorzugsweise hydrostatisch abgestützte Kugel-Gewindetriebe vorgesehen sind.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

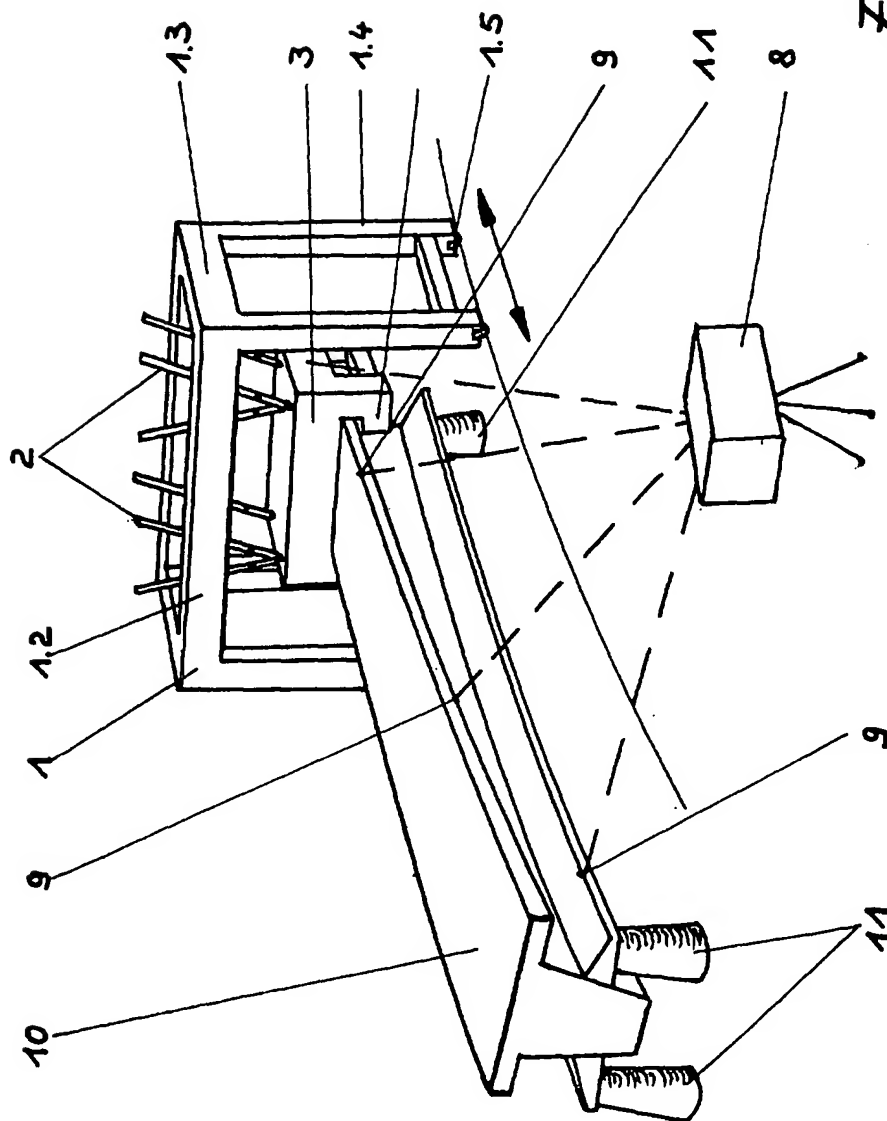


Fig. 1

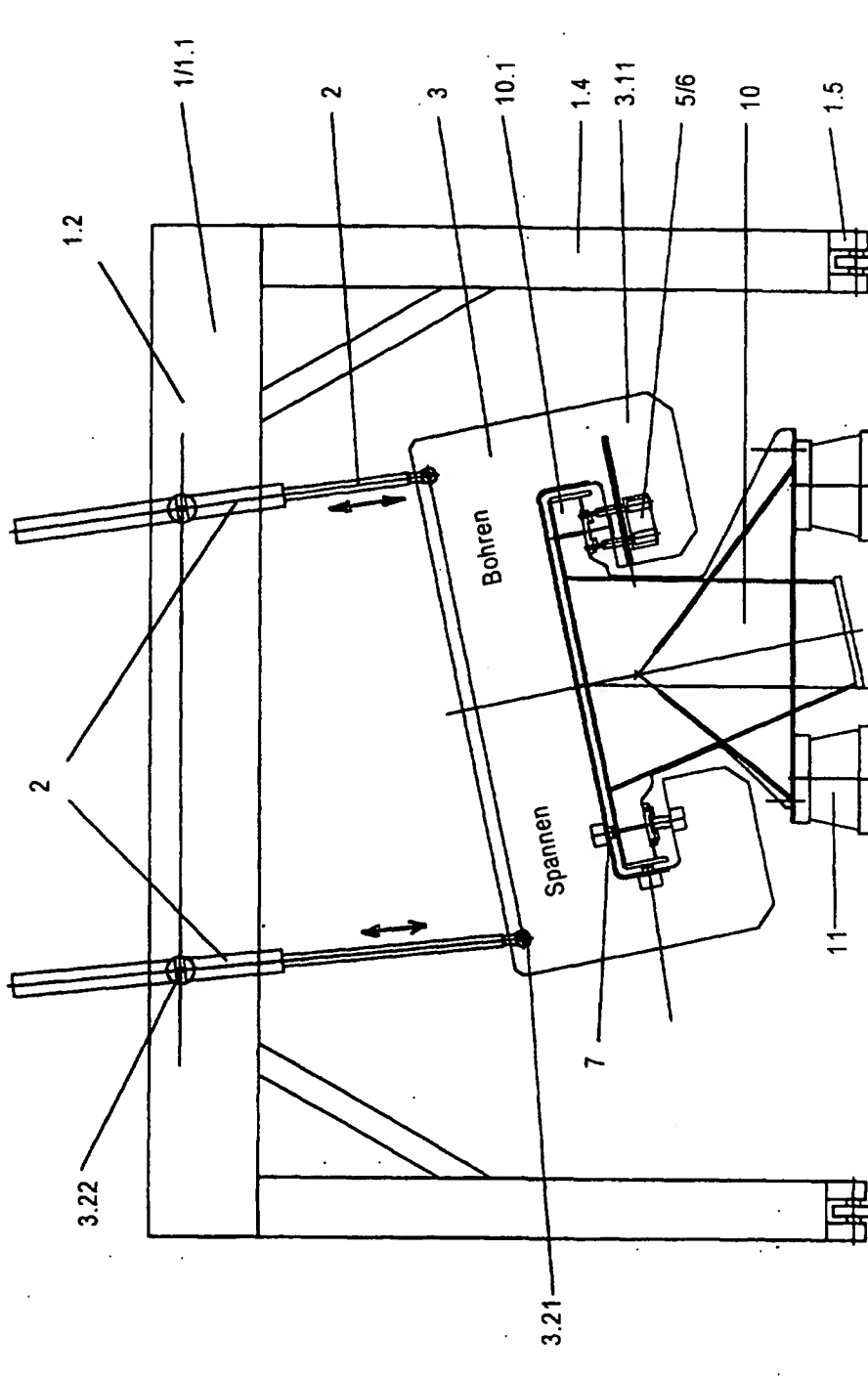


Fig. 2

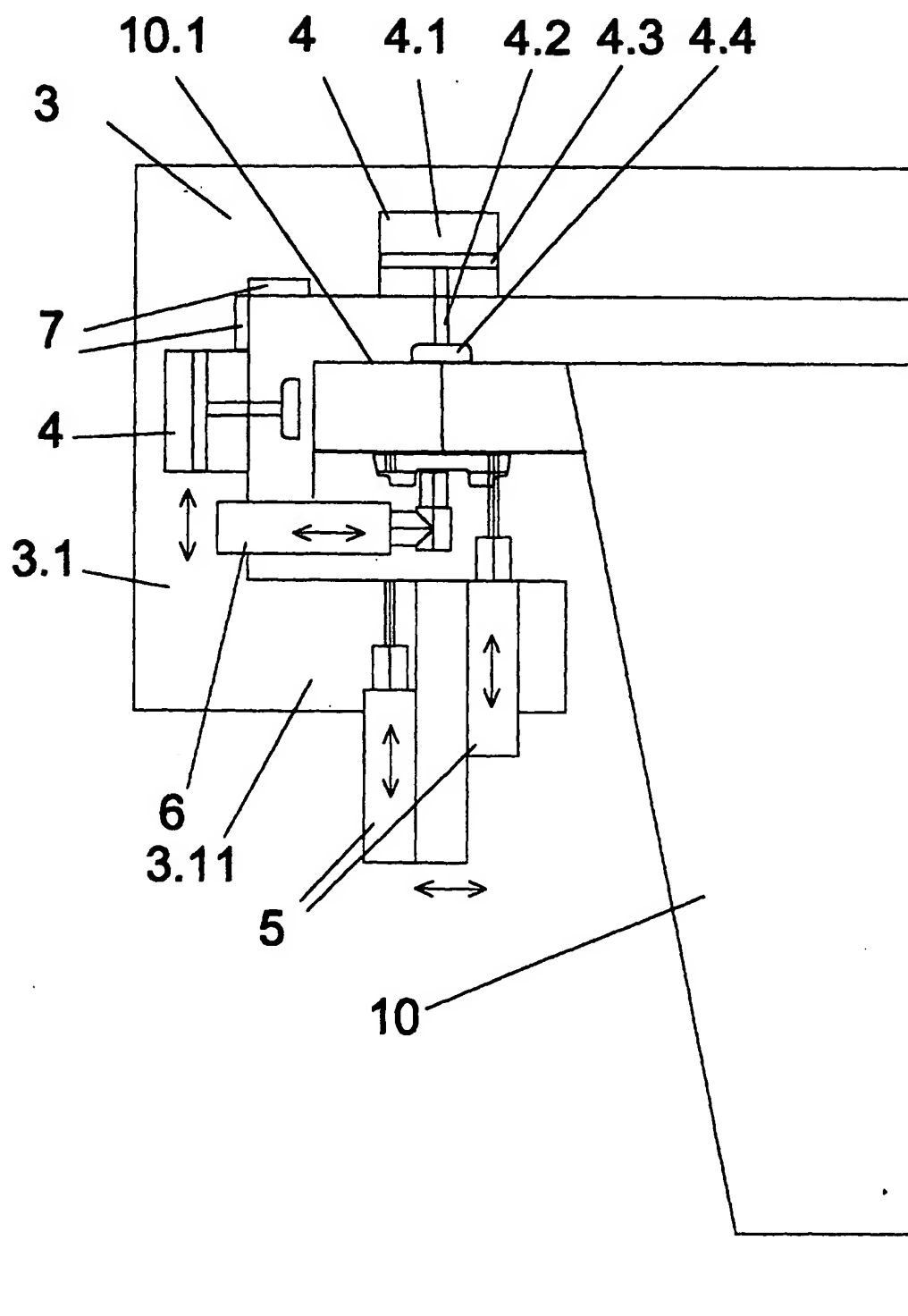


Fig. 3

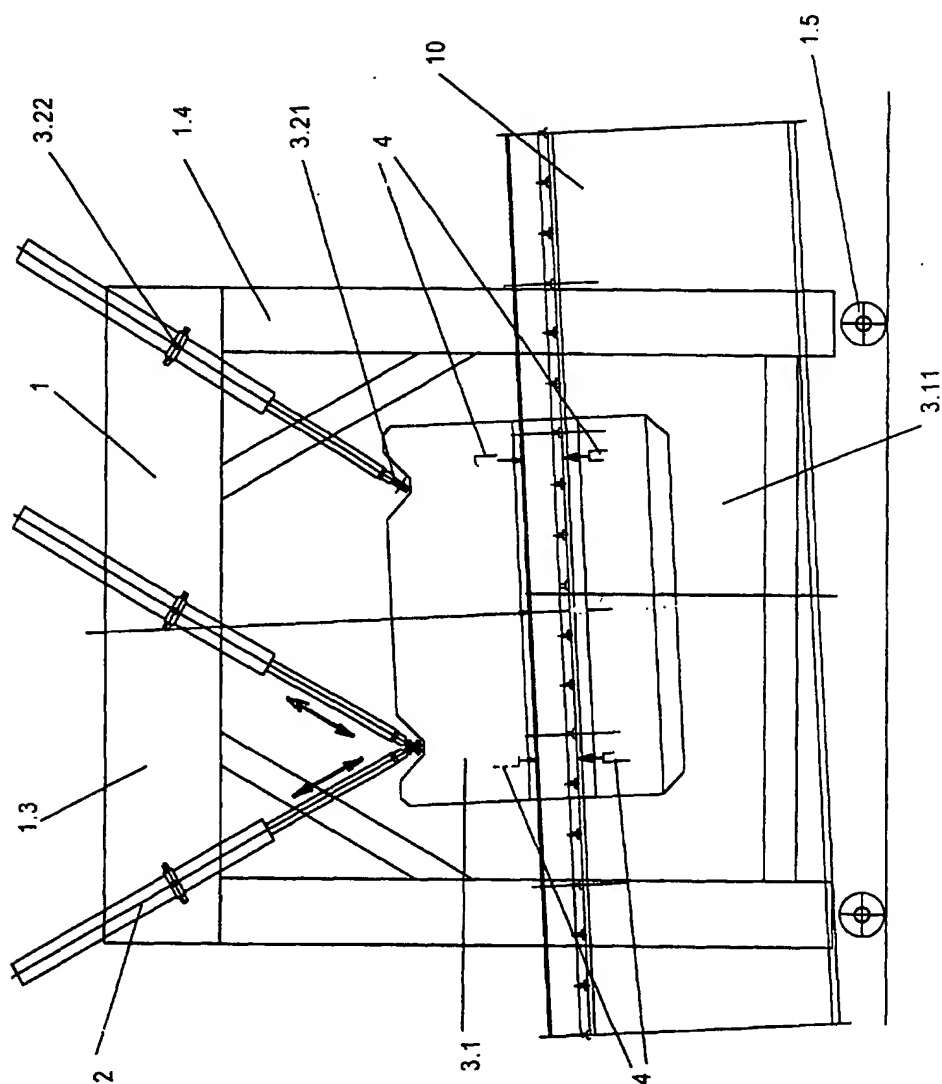


Fig. 4